



# O ensino de radioatividade na perspectiva da aprendizagem significativa: Uma proposta de sequência didática

Renata Schneider<sup>1,#</sup> e  
Alex Bellucco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil.

## RESUMO

*Sabendo da necessidade e da importância da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea na educação básica, o presente trabalho tem como objetivo a elaboração de uma proposta de sequência didática sobre radioatividade. A proposta está fundamentada na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e é destinada à turmas da terceira série do Ensino Médio, na disciplina de física. A metodologia empregada buscou desenvolver o pensamento crítico dos alunos sobre o tema e explorar a utilização de recursos didáticos variados: simulações, mapas conceituais, elaboração de textos e recursos audiovisuais, entre outros. Para trabalhos futuros, propõe-se a aplicação e a análise da relevância dessa sequência didática.*

**Palavras-chave:** física moderna e contemporânea; radioatividade; teoria da aprendizagem significativa e ensino de física

## 1. Introdução

Atualmente, há uma maior preocupação de pesquisadores e professores com o processo de ensino-aprendizagem de física. Em especial, na rede pública da educação básica, muitas dificuldades e deficiências são apontadas, entre elas o desinteresse e a desmotivação dos alunos com relação à disciplina, reivindicando uma inovação curricular e metodológica [1]. Nesse contexto, surge como alternativa a inserção da física moderna e contemporânea (FMC) no currículo.

De acordo com Ostermann e Moreira [2], são inúmeras as razões para a introdução de tópicos de FMC no Ensino Médio. Entre elas, podemos destacar: despertar a curiosidade dos estudantes, estabelecer o contato com as ideias revolucionárias que mudaram totalmente os rumos da ciência a partir do início do século XX, permitir o entendimento amplo do mundo atual e possibilitar a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão na sociedade. As próprias Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs+), publicadas ainda em 2002, já orientavam para a abordagem da FMC no Ensino Médio, no sentido de dar ao jovem condições não só de entender e acompanhar os desenvolvimentos científicos e tecnológicos contemporâneos, mas também de tornar-se um cidadão “atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” [3, p. 59].

O movimento a favor da inserção da física moderna e contemporânea na

educação básica deu origem a uma importante linha de investigação dentro do ensino de ciências. Entretanto, apesar de a discussão sobre tal temática ter se intensificado ao longo dos anos, pesquisas como a realizada por Pereira e Ostermann [4], apontam que são escassos os estudos que apresentam propostas para a introdução efetiva de conteúdos de FMC em sala de aula. Assim sendo, o presente trabalho propõe uma sequência didática (SD) sobre radioatividade, voltada para terceira série do Ensino Médio. A proposta está fundamentada na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, pois ela contribui para a construção do conhecimento científico, permitindo a formulação de problemas e a utilização de recursos didáticos diferenciados, incentivando e motivando os alunos a aprender. Este trabalho baseia-se ainda nas ideias de Moreira [5],

Muito se emprega o termo aprendizagem significativa em estratégias de ensino, porém, na prática, a maioria delas continua promovendo uma aprendizagem mecânica

o qual afirma que muito se emprega o termo aprendizagem significativa em estratégias de ensino, porém, na prática, a maioria delas continua promovendo uma aprendizagem mecânica.

Desse modo, buscando evitar esse tipo de situação, a SD foi estruturada em quatro etapas, cada uma com objetivos específicos, articuladas entre si e levando em consideração os principais aspectos da teoria da aprendizagem significativa.

## 2. Referencial teórico

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel foi apresentada em 1963, quando as ideias behavioristas ainda predominavam. Acreditava-

#Autor de correspondência. E-mail: schneiderrenata10@gmail.com.

se no ensino e na aprendizagem em termos da instrução programada: estímulos, respostas e reforços positivos ou negativos. A concepção de ensino e aprendizagem proposta por Ausubel segue a linha oposta à dos behavioristas. Para ele, aprender é ampliar e reconfigurar ideias já existentes na estrutura mental e com isso ser capaz de absorver novos conhecimentos [6].

A teoria de Ausubel está baseada na premissa de que a aprendizagem se efetiva pela interação substantiva e não-arbitrária de uma nova informação com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, isto é, com os conhecimentos prévios deste. “Substantiva” quer dizer não-literal, ou seja, aquilo que é incorporado à estrutura cognitiva deve servir de base para a construção do novo conhecimento e das novas ideias e não como um conceito já estabelecido. Já “não-arbitrária” significa que a interação não ocorre com qualquer conhecimento prévio, mas com algum conhecimento específico e relevante, já existente na estrutura cognitiva do sujeito aprendiz. A esse conhecimento específico e relevante à nova aprendizagem, Ausubel chamava de subsunçor ou ideia-âncora [7].

Por exemplo, um aluno que já conhece o conceito de estrutura atômica pode utilizá-lo como ideia-âncora para a construção de novos conhecimentos, englobando os processos de reação nuclear e emissões radioativas. Assim, progressivamente, o subsunçor vai ficando mais elaborado, diversificado e estável, facilitando novas aprendizagens.

No âmbito da aprendizagem significativa, a estrutura cognitiva pode ser entendida como um conjunto hierárquico de subsunçores inter-relacionados e caracterizado por dois processos principais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. O primeiro corresponde ao processo pelo qual um dado subsunçor vai

se tornando mais elaborado, diferenciado e capaz de servir de âncora para a aquisição de novos conhecimentos. Já o segundo caracteriza-se pela integração de significados e eliminação de inconsistências, resultando na reorganização/super-ordenação da estrutura cognitiva [5]. Ambos os processos são

simultâneos e necessários à aprendizagem.

Ausubel [8] apresenta ainda outros dois princípios como facilitadores da aprendizagem significativa, são eles: a organização sequencial e a consolidação. A organização sequencial pode ser observada na elaboração de programas de ensino e consiste em sequenciar os tópicos ou unidades de estudo de acordo com as dependências hierárquicas naturais existentes entre eles. A consolidação, por sua vez, está relacionada com o domínio de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos [5, 8]. Esses dois princípios facilitam a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

A partir dessa análise, é possível estabelecer as seguintes condições para a ocorrência de uma aprendizagem significativa [6]:

- o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, isto é, deve relacionar-se de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante do aprendiz;
- o aprendiz deve ter predisposição para aprender.

Fica evidente, portanto, a importância da predisposição, por parte do estudante, para relacionar-se com novos conhecimentos. Essa abordagem também reforça o papel do professor como um mediador que acolhe as ideias prévias dos alunos, ainda que essas sejam insatisfatórias, e constrói situações/materiais de aprendizagem capazes de promover a atribuição adequada de significados aos temas tratados. No ensino de física, a utilização de experimentos pode ser um bom caminho, permitindo explorar os saberes prévios dos alunos e contextualizar as teorias e as leis da física com o cotidiano, tornando-as menos abstratas. Em especial no estudo da radioatividade, em que a manipulação de compostos radioativos é proibida e arriscada, as simulações virtuais ganham desta-

que.

Na aprendizagem mecânica, o no-

vo conceito fica isolado na estrutura cognitiva, pois não tem conhecimento prévio ao qual possa se ancorar. Já na aprendizagem significativa, o conhecimento prévio interage com o novo conhecimento, modificando e enriquecendo a estrutura cognitiva. Isso não significa dizer que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica são formas de aprender antagônicas. Para Ausubel [6], elas são contínuas. Entretanto, outros autores, como Moreira [7], esclarecem que a aprendizagem significativa é mais duradoura.

Diante do exposto, percebe-se na teoria da aprendizagem significativa uma forma promissora de embasar uma sequência didática sobre radioatividade, esclarecendo seus riscos e benefícios. Para isso, deve-se partir dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto e construir um conjunto de atividades potencialmente significativas, que problematizem e contextualizem as informações, resultando na ampliação da visão de mundo dos estudantes e na construção do conhecimento científico.

### 3. A proposta de sequência didática

A sequência didática (SD) proposta foi dividida em quatro etapas, que abrangem e exploram temas relacionados à radioatividade. Além disso, sua estrutura leva em consideração os processos de diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial e consolidação. Os objetivos que norteiam cada uma das etapas encontram-se sistematizados no **Quadro 1**.

Inicialmente, a SD propõe-se a identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema, pois eles funcionam como organizadores prévios e dão sentido à nova aprendizagem. Logo após, o conteúdo é apresentado, levando em consideração a organização sequencial e a diferenciação progressiva, isto é, começando com aspectos mais introdutórios, gerais e inclusivos. Entretanto, as situações-problema são propostas em níveis crescentes de complexidade, aprofundando o conhecimento, retomando aspectos já discutidos e buscando a reconciliação integradora e a consolidação. A SD também valoriza atividades colaborativas, discussões em grupo e o papel do professor como um mediador. A seguir, as atividades pro-

**Deve-se partir dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto e construir um conjunto de atividades potencialmente significativas**

**Um aluno que já conhece o conceito de estrutura atômica pode utilizá-lo como ideia-âncora para a construção de novos conhecimentos, englobando os processos de reação nuclear e emissões radioativas**

Quadro 1: Síntese dos objetivos propostos.

Etapas	Aulas	Objetivos
Introdução à radioatividade	1	Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre radioatividade; Discutir e problematizar as concepções prévias da turma sobre o tema.
História da radioatividade	2	Conhecer os marcos históricos e os personagens relacionados ao desenvolvimento da radioatividade; Identificar/elencar os principais conceitos científicos relacionados ao tema de estudo; Organizar o conhecimento por meio da construção de uma linha do tempo.
Princípios da radioatividade	3	Aprofundar os conhecimentos científicos relacionados ao tema de estudo; Trabalhar os conceitos de <i>características da radiação, transmutação, meia-vida, primeira e segunda lei da radioatividade</i> ; Observar fenômenos radioativos através do uso de simulações computacionais; Organizar o conhecimento através da construção coletiva de um mapa conceitual.
Radioatividade: mitos e verdades	2	Compreender a influência da radioatividade na vida das pessoas; Discutir o tema de forma crítica; Identificar seus benefícios e malefícios; Organizar o conhecimento pro meio da redação de um texto.

postas são descritas com maior riqueza de detalhes.

### 3.1. Introdução à radioatividade

A primeira etapa da SD é destinada ao levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre radioatividade. De acordo com Ausubel [6], aquilo que o aprendiz já sabe sobre determinado assunto é um dos fatores mais importantes para a ocorrência da aprendizagem significativa. Esse conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do sujeito é chamado de subsunçor ou ideia-âncora, e é através dele que uma nova informação ganha significado [7].

A fim de identificar e avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, o professor deve solicitar a elaboração individual de mapas conceituais. Segundo Moreira [9], mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos e consistem em uma técnica muito flexível, que pode ser utilizada em diversas situações e para diferentes finalidades: técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação, entre outras. No entanto, eles não devem ser confundidos com diagramas de fluxo ou mapas mentais, pois não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los. Desse modo, nos mapas conceituais existem palavras, chamadas de termos de ligação, que evidenciam claramente uma relação entre dois conceitos. Na Fig. 1 é apresentado um

esquema que serve de orientação para elaboração de mapas conceituais.

Nessa etapa, o professor deve atuar como mediador e promover uma discussão acerca das concepções prévias da turma sobre radioatividade, problematizando-as. Para tal, podem ser feitos questionamentos que despertem a curiosidade e o interesse dos alunos com relação ao tema de estudo: 1) Para você, o que é radioatividade? 2) Por quais meios você ouviu falar sobre radioatividade? 3) A radioatividade é maléfica ou benéfica? 4) A radioatividade está presente no seu cotidiano? 5) Você conhece algum fato importante na história que envolve a radioatividade? Qual? Todas as questões serão respondidas ao longo da SD. Além disso, é imprescindível que o professor observe as informações que os alunos trazem, pois elas podem influenciar as outras etapas, seja suprimindo, seja suplementando as atividades.

### 3.2. História da radioatividade

A introdução da história da ciência na educação básica pode ser um recurso didático útil, contribuindo para a promoção de aulas mais interessantes e reflexivas. Prestes e Caldeira [10] afirmam que textos com linguagem adequada aos estudantes, informações históricas corretas e bem fundamentadas e uma discussão histórica mais aprofundada dos conteúdos, que relate o

modo como os cientistas trabalham e desenvolvem teorias, permitem ao estudante compreender como ocorre o processo de construção do conhecimento científico e o papel da ciência na sociedade. Diante disso, objetivou-se situar os alunos do contexto histórico em que ocorreu a descoberta da radioatividade, tornando a aprendizagem mais contextualizada e significativa.

A primeira aula dessa etapa deve ser destinada à exibição de uma entrevista intitulada *A história da radioatividade*, disponível no Youtube, com o físico Dr. Carlos Alberto Santos, que discute as contribuições de personagens como Röntgen, Becquerel, Poincaré e Madame Curie para a descoberta e o desenvolvimento da radioatividade. Logo após, os alunos são divididos em pequenos grupos e é solicitado que eles construam uma linha do tempo com os personagens, fatos históricos e conceitos que consideraram mais marcantes.

Na segunda aula, as linhas do tempo confeccionadas pelos grupos são redistribuídas, de modo a promover a avaliação pelos seus pares. Essa prática possibilita uma maior percepção dos estudantes com relação ao assunto abordado. O professor deve também questionar a turma a respeito dos meios utilizados para obtenção de informações (entrevista, livro didático e/ou internet) e, por fim, pode construir uma linha do tempo no quadro, a partir das contribuições dos alunos, organizando o conhecimento e destacando os conceitos científicos que serão trabalhados na etapa seguinte.

### 3.3. Princípios da radioatividade

O aprofundamento teórico dos co-

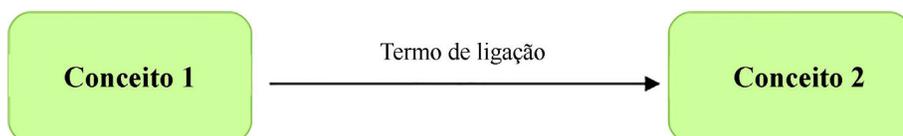


Figura 1 - Esquema de um mapa conceitual.

nhcimentos científicos relacionados à radioatividade é necessário para dar continuidade ao estudo. Portanto, essa terceira etapa é destinada à discussão das propriedades e características da radiação, à definição de conceitos como transmutação e meia-vida e à apresentação da primeira e da segunda lei da radioatividade.

Inicialmente, sugere-se que uma problematização inicial seja apresentada: “Afinal, o que é radioatividade? Onde e por que ela se origina?”. À medida que os alunos vão refletindo e debatendo sobre esses questionamentos, o professor pode inserir novos. Em seguida, recomenda-se o uso de slides para a apresentação dos conceitos, explorando assim imagens e vídeos que podem ser encontrados no Youtube, como o intitulado *Tipos de radiação*, que discute as propriedades das radiações alfa, beta e gama de forma bastante didática.

Em um segundo momento, os alunos são divididos em duplas ou trios e conduzidos ao laboratório de informática, para visualizarem o decaimento beta e alfa por meio do uso de duas simulações do site PhET Interactive Simulations. Algumas instruções devem ser seguidas: 1) escolher a opção “um único átomo”; 2) buscar relacionar a emissão da partícula alfa/beta com o conceito de transmutação do núcleo atômico; 3) observar o gráfico que relaciona o tempo de decaimento com a meia-vida radioativa, e 4) repetir os procedimentos para a opção “vários átomos”. Na ausência de um laboratório de informática, o professor pode realizar as simulações de maneira demonstrativa em sala de aula.

Sendo a radioatividade um fenômeno abstrato e de difícil visualização, a simulação computacional pode ser uma importante ferramenta na construção do conhecimento. Nesse sentido, Cardoso e Dickman [11] elencam uma série de possibilidades oferecidas pelas simulações computacionais, entre elas: visualização dinâmica de fenômenos, concentração nos conceitos abordados, teste de hipóteses; engajamento no desenvolvimento das tarefas; contribuição para resolução de problemas; interação com modelos científicos e formação de conceitos. Entretanto, existem algumas limitações para o uso das simulações computacionais no ensino de física. A principal delas diz respeito ao

fato de que elas podem produzir visões distorcidas e simplificadas dos fenômenos estudados. De acordo com Medeiros e Medeiros [12, p. 5],

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes.

Recomenda-se, portanto, que após cada simulação seja feita uma discussão dos resultados obtidos e das limitações da atividade. Também se faz necessário um embasamento teórico, isto é, a simulação não pode ser usada de forma desarticulada do restante do processo de ensino-aprendizagem.

Durante a elaboração dessa etapa da SD, buscou-se dar um embasamento teórico à utilização das simulações computacionais. Dessa forma, a metodologia foi dividida em: a) organizadores prévios (aula expositiva e dialogada); b) aplicação da simulação com um roteiro semiestruturado, e c) sistematização do conhecimento (organizadores explicativos). Essa configuração procura interligar os conceitos trabalhados e a aplicação da simulação computacional à teoria da aprendizagem significativa [11].

O último momento é dedicado à sistematização e à organização do conhecimento. Para isso, o professor e a turma devem construir, coletivamente, um novo mapa conceitual por meio do site *Coggle.it*. Essa prática possibilita aos alunos o contato com um mapa conceitual estruturado e o entendimento de sua funcionalidade no processo de ensino-aprendizagem.

### 3.4. Radioatividade: mitos e verdades

Essa etapa é caracterizada pela promoção de debates críticos sobre os be-

nefícios e os malefícios da radioatividade, com o intuito de desmistificar algumas concepções propagadas pelo senso comum, bem como alertar para possíveis riscos. O papel do professor é mediar as discussões, inserindo novas problematizações e garantindo que todos tenham a oportunidade de se expressar.

Primeiramente, o professor pode trazer questionamentos como: a radiação do celular e do micro-ondas provocam câncer? É possível adquirir superpoderes após o contato com produtos radioativos? E a partir deles, indagar e verificar os conhecimentos prévios dos alunos. Logo após, a turma deverá ser dividida em pequenos grupos, para que realizem pesquisas sobre acidentes e aplicações da radiação. O laboratório de informática, caso exista, pode ser novamente disponibilizado ou sugere-se deixar os alunos utilizarem seus aparelhos celulares. É importante que o professor circule entre os grupos e auxilie na seleção de fontes confiáveis de informação.

De posse das informações coletadas nas pesquisas, os grupos devem produzir um pequeno texto (entre 10 e 20 linhas) sobre as vantagens e desvantagens da utilização da radioatividade. Em seguida, cada equipe tem a oportunidade de apresentar suas conclusões para a turma, configurando assim mais um momento para a construção do conhecimento. Por fim, o professor pode retomar alguns pontos relevantes levantados pelos alunos e, se necessário, esclarecer a problematização inicial.

A busca por informações funciona como um organizador prévio, permitindo aos alunos reconstruir seus conhecimentos prévios sobre os malefícios e

benefícios da radioatividade e tornar seus subsunçores sobre o tema mais diversificados e elaborados. Já o debate e a elaboração do texto são formas de aplicar e organizar o conhecimento, facilitando a ocorrência de uma aprendizagem significativa [13].

tando a ocorrência de uma aprendizagem significativa [13].

## 4. Conclusão

A radioatividade é um tema de grande relevância social, cultural, econômica, ambiental e científica, devido a sua vasta aplicabilidade e às sérias consequências que sua má utilização pode acarretar. Entretanto, o tema ainda é

**O papel do professor é mediar as discussões, inserindo novas problematizações e garantindo que todos tenham a oportunidade de se expressar**

**A radioatividade é um tema de grande relevância social, cultural, econômica, ambiental e científica, devido a sua vasta aplicabilidade e às sérias consequências que sua má utilização pode acarretar**

pouco discutido na educação básica e encarado com desprezo e medo pela sociedade em geral. Dessa forma, pro meio da proposta de SD aqui apresentada, é possível introduzir o assunto em aulas de ciências e orientar os alunos para o desenvolvimento do pensamento crítico quanto ao mau uso dos mate-

riais radioativos e os benefícios da radioatividade. Além disso, a SD preocupou-se em utilizar recursos e ferramentas didáticas variadas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem e está fundamentada sobre a perspectiva da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Em trabalhos poste-

riores, propõe-se a aplicação da SD e a avaliação da sua relevância para o ensino de ciências.

Recebido em: 15 de Dezembro de 2020  
Aceito em: 3 de Fevereiro de 2021

## Referências

- [1] S. Klajn, *Física: A Vilã da Escola* (UPF, Passo Fundo, 2002).
- [2] F. Ostermann, M.A. Moreira, *Investigações em Ensino de Ciências* **5**, 23 (2000).
- [3] Brasil, *PCNs+: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).
- [4] A. Pereira, F. Ostermann, *Investigações em Ensino de Ciências* **14**, 393 (2009).
- [5] M.A. Moreira, *Qurriculum* **25**, 29 (2012).
- [6] D.P. Ausubel, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (Grune & Stratton, New York, 1963).
- [7] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: A Teoria e Textos Complementares* (Livraria da Física, São Paulo, 2012), 1ª ed.
- [8] D.P. Ausubel, *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva* (Plátano, Lisboa, 2003).
- [9] M.A. Moreira, *Cadernos do Aplicação* **11**, 143 (1998).
- [10] M.E.B. Prestes, A.M.A Caldeira, *Filosofia e História da Biologia* **4**, 1 (2009).
- [11] S.O.O. Cardoso, A.G. Dickman, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **29**, 891 (2012).
- [12] A. Medeiros, C.F. Medeiros, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 77 (2002).
- [13] C.R. Torini, E. Schmit, V.R.N Schuhmacher, E. Schuhmacher, in: *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindoia, 2013.

## Endereços de Internet

- A História da Radioatividade: Surgimento, Descobertas, Contribuições e Prêmios*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LqXYjaZsuxk>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- Tipos de Radiação: Alfa, Beta e Gama*. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=N1TMhRKiOBk>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- PhET Interactive Simulations: decaimento beta. Disponível em: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/beta-decay](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay). Acesso em: 11 nov. 2020.
- PhET Interactive Simulations: decaimento alfa. Disponível em: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/alpha-decay](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/alpha-decay). Acesso em: 11 nov. 2020.
- Coggle: Simple Collaborative Mind Maps & Flow Charts. Disponível em: <https://coggle.it/>. Acesso em: 11 nov. 2020.